

ПРОГРАММА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ МОРЯ

Контрастность суши и моря в береговой зоне и их активное вещественно-энергетическое взаимодействие позволяют рассматривать береговую зону в качестве яркого примера парагенетического ландшафтного комплекса. Парагенетический подход дает возможность оценить экологическое состояние береговой зоны на основе изучения вещественных потоков между ее наземной и аквальной частями. Программа экологического мониторинга береговой зоны содержит обширную информацию, которая объединена в тектоническую, геолого-геоморфологическую, литологическую, метеогидрологическую, гидrolитодинамическую, биоценологическую и антропогенную группы. В отличие от традиционных подходов, предложенная программа предусматривает совместную характеристику сопряженных зон суши и моря и взаимосвязей между ними.

Контрастность суши и моря в береговой зоне и их активное вещественно-энергетическое взаимодействие позволяют рассматривать береговую зону в качестве яркого примера парагенетического ландшафтного комплекса (ПГЛК). Разработка теории ПГЛК основана на системном изучении пространственно-смежных природных комплексов, особенности структуры и функционирования которых в значительной степени определяются их взаимодействием [4, 5]. Применение этой теории для осуществления экологического мониторинга береговой зоны моря дает возможность оценить экологическое состояние ее наземной и аквальной частей на основе изучения вещественных потоков между сушей и морем.

Вопросы, связанные с организацией экологического мониторинга, освещены достаточно детально и полно [2]. Однако мониторинговые исследования береговой зоны моря имеют свои методические особенности, касающиеся как выбора параметров слежения, так и в целом организации натурных наблюдений [1]. Определяется это, прежде всего, специфическими свойствами береговой зоны как экосистемы, формирующейся на стыке сильноконтрастных сред и состоящей из двух основных частей – наземной и аквальной. Очевидно, что отмеченные важнейшие свойства береговой зоны нужно учитывать и при контроле ее экологического состояния. В связи с этим, экологические исследования и мониторинг береговой зоны моря должны предусматривать возможность решения двух основных задач: 1) установление связей моря и суши посредством анализа вещественно-энергетических потоков; 2) изучение строения экосистемы береговой зоны, ее функционирования и антропогенной трансформации.

Для решения перечисленных задач необходимо формирование специальной программы экологического мониторинга, содержащей обширную базовую и оперативную информацию, которую можно сгруппировать в соответствии с основными компонентами береговой зоны следующим образом: тектоническая, геолого-геоморфологическая, литологическая, метеогидрологическая, гидrolитодинамическая, биоценологическая и антропогенная. В отличие от традиционных ландшафтных подходов, данная программа предусматривает совместное описание сопряженных суши и моря и взаимосвязей между ними. Ниже предлагается программа экологического мониторинга береговой зоны и роль каждого из ее компонентов в осуществлении сухопутно-морских взаимодействий.

1. Тектоническая группа

а) *Тектоническая морфоструктура* и связанный с ней тип берега обуславливают направление развития береговой зоны по абразионному или аккумулятивному пути, и,

соответственно, характер вещественного обмена между сушей и морем. Важное значение имеют размер и форма морфоструктуры, соотношение направления ее простираения с направлением береговой линии, а также наличие тектонических разломов на материковом склоне. Последние могут способствовать формированию подводных каньонов, вторгающихся своими верховьями в береговую зону, по которым пляжный материал перемещается за пределы береговой зоны. Если участок береговой зоны образован морфоструктурами нескольких типов, то они формируют различные типы берегов.

б) *Направление и интенсивность новейших и современных тектонических движений* контролируют характер и скорости сухопутно-морского обмена веществом. Так, зоны опускания характеризуются седиментацией осадочного материала – в таких условиях, как правило, формируются аккумулятивные берега; зоны поднятия имеют замедленную или отрицательную седиментацию – здесь выходят на поверхность коренные породы и распространены абразионные берега; стабильные зоны, где скорости абразии и аккумуляции равны, характеризуются нейтральным балансом осадков и формированием устойчивых берегов.

в) *Деятельность вулканов* служит источником поступления вещества в береговую зону. В результате, образуются вулканические формы рельефа (вплоть до создания вулканических островов).

2. Геолого-геоморфологическая и литологическая группы

а) *Геоморфологический профиль береговой зоны* (клиф, надводная терраса, пляж, бенч, подводный береговой склон) определяет условия развития береговой зоны и особенности гидродинамического воздействия на нее. Описанию подвергаются следующие параметры: уклоны подводного склона и крутизна клифа (берегового откоса), высота клифа и глубина моря, форма профиля отдельных участков береговой зоны, ширина бенча и пляжа и др. Морфометрические показатели клифа и подводного склона влияют на интенсивность экзогенных процессов (ЭП), и, следовательно, на количество вещества, поступающего в береговую зону. Например, влияние крутизны клифа (берегового откоса) выражается следующим образом: при равных геологических и гидродинамических условиях, чем больше крутизна склона, тем выше скорости абразии и объемы снесенного вещества. Ширина пляжа характеризует его устойчивость по отношению к гидродинамическому воздействию. Чем больше его ширина, тем он устойчивее. Так, пляжи шириной до 10 м являются динамически очень неустойчивыми; 10 – 20 м – среднеустойчивыми; более 20 м – устойчивыми.

Формы подводного и берегового рельефа выступают косвенными показателями характера вещественного обмена в береговой зоне. Так, аккумулятивные формы указывают на накопление вещества в береговой зоне, абразионные – на его вынос. В этой связи индикатором может выступать наличие/отсутствие пляжа и его ширина. Погруженные формы древнего субаэрального рельефа свидетельствуют о совместном палеогеографическом развитии суши и моря.

Расчлененность рельефа береговой зоны влияет на разнообразие ее ландшафтов. Чем выше расчлененность береговой зоны, тем более многообразен спектр формируемых здесь наземных и аквальных комплексов. Кроме того, расчлененность рельефа, вместе с гидроклиматическими особенностями, создает условия для поступления в береговую зону дополнительных потоков вещества (с речным стоком, селями и др.). *Кривизна, или форма, береговой линии* указывает на характер береговых процессов. Так, вогнутая форма береговой линии свидетельствует о размыве или абразии берегов, выпуклая – о развитии аккумулятивных процессов или же о высокой устойчивости берегов по отношению к абразии. Кроме того, форма береговой линии может указывать на характер распределения волновой энергии вдоль его контура. Ярким примером этому служат бухтовые берега. Известно, что на мысах происходит концентрация энергии

морских волн и развиваются абразионные процессы; в бухтах энергия рассеивается и происходит аккумуляция вещества.

б) *Геологическое строение* береговых форм рельефа и бенча определяет устойчивость берегов и подводного склона по отношению к экзогенным процессам. В свою очередь, устойчивость пород контролирует такие характеристики вещественных потоков, как скорость, масса и состав, отражающие вещественный обмен между сушей и морем. Ю. Д. Шуйским [7] выделены пять классов горных пород по степени их сопротивляемости абразии.

в) *Генезис пляжа* дает возможность выявить ведущие факторы его формирования.

г) *Петрографический, гранулометрический и минералогический состав* отложенный пляжа и бенча позволяет судить об источниках поступления обломочного материала в береговую зону и степени его волновой переработки. Например, преобладание в составе отложений тонкого пелитового материала говорит о его поступлении с речным аллювием или в результате абразии глинистых берегов. В свою очередь, тип донных осадков влияет на характер распределения сообществ бентоса.

Истираемость, окатанность, сортированность и медианный диаметр отложений пляжа и бенча указывают на характер и степень их волновой переработки. Нормальная сортировка наносов береговой зоны характеризуется убывающей с глубиной крупностью осадков и ухудшением их сортировки.

д) *Экзогенные процессы (ЭП)* на берегу и подводном склоне формируют потоки вещества в береговой зоне. С ЭП в береговую зону поступают значительные объемы обломочного материала. Спектр и интенсивность ЭП определяются геологическим строением клифа и бенча, гидродинамикой и гидроклиматическими условиями. Скорости ЭП, объемы и состав образующегося с ними материала дают возможность количественно и качественно оценить вещественный обмен.

3. Метеогидрологическая группа

а) *Тип климата приморской части береговой зоны* (количество поступающей солнечной радиации и атмосферных осадков, ветровой режим) определяет условия физического выветривания или характер воздействия внешних факторов на горные породы береговой зоны. В прямой зависимости от радиационного режима находится температурный режим воздуха, вод и горных пород. Атмосферные осадки активизируют развитие таких ЭП, как эрозия, оползни, сели и других, обеспечивающих поставку вещества в береговую зону. Ветровая деятельность играет на побережье климатообразующую роль, которая наиболее ярко выражается в бризовой циркуляции. Ветер выполняет также рельефообразующую роль, создавая в береговой зоне эоловые формы рельефа. В зависимости от направления, ветер может выносить пляжный материал за пределы береговой зоны в надводные очаги аккумуляции или сносить его в море. Кроме того, ветер может влиять на гидро- и литодинамические процессы. Глубина моря в пределах мелководной части береговой зоны невелика, поэтому ветры контролируют направления прибрежных течений, а вместе с ними и вдольбереговое перемещение потоков вещества. Сильные ветры с суши и моря вызывают стонно-нагонные явления и апвеллинги.

б) *Наличие в береговой зоне устьев рек и временных водотоков* свидетельствует о поступлении в береговую зону потоков вещества. Их важными количественными показателями выступают годовые и удельные объемы речного стока, стока твердых и взвешенных веществ. Сток рек и временных водотоков играет ведущую роль в формировании и пополнении вдольбереговых потоков наносов твердым материалом. Вместе с речным стоком в прибрежные воды поступают биогены – необходимый источник питания морских биоценозов.

в) *Физические свойства морской воды* (температура, плотность, прозрачность, ледовый режим и др.) определяют гидрологические и гидродинамические особенности вод и условия жизни морских организмов. Эти свойства могут изменяться под действием многих факторов: берегового стока, гидродинамики и т.д. Особое значение имеет прозрачность морских вод, которая лимитирует процесс фотосинтеза и создает рубеж для расселения зеленых растений. Льды выступают фактором усиления абразии и разрушения морских берегов. Вместе с тем, они ослабляют морское волнение. При описании ледового покрова указываются: сезон его установления, продолжительность ледостава, мощность льда и его размещение по акватории.

г) *Химические свойства морской воды* (соленость; содержание растворенного кислорода и углекислого газа; pH; содержание биогенных, органических веществ и микроэлементов) в значительной мере управляют ее «плодородием». Воды, насыщенные биогенным веществом и кислородом, обладают высокими видовым многообразием и плотностью живых организмов. Такие условия создаются в зонах дивергенции морских вод или апвеллингов, где происходит подъем биогенных веществ со дна к поверхности, а также на участках поступления в море терригенного материала.

4. Гидролитодинамическая группа

а) *Гидродинамический режим* оказывает влияние, практически, на все компоненты наземных и аквальных природных комплексов береговой зоны. При описании гидродинамики отмечаются: обеспеченность акватории волнением, его балльность, среднестатистическая высота волн, преобладающее направление морских волнений и течений. Анализу подвергаются и штормовые параметры волн: сезон их развития, максимальные и средние значения балльности, преобладающее направление волнений, высота волн. Гидродинамические процессы значительно влияют на характер донных процессов, состав и распределение донных биоценозов.

б) *Литодинамические процессы и потоки* определяют вещественный обмен между аквальными и наземными комплексами береговой зоны. Они тесно связаны с гидродинамикой, поэтому их изучение следует проводить при одновременном учете этих двух процессов. При литодинамических исследованиях указываются: волнения и течения каких направлений и скоростей вызывают перемещение наносов в береговой зоне; при каких комбинациях волнения, течения и ветра происходит вынос вещества из береговой зоны, а при каких – его аккумуляция и др. Анализируются качественно-количественные характеристики вдольбереговых потоков: скорость перемещения, направление движения, протяженность, мощность, емкость, насыщенность, состав, источники поступления обломочного материала и др.

в) *Уровенный режим* имеет особое значение на берегах приливных морей и в районах развития сгонно-нагонных явлений. Для таких берегов дается характеристика приливов-отливов: периодичность, высота, а также ширина зоны их воздействия. Для берегов со значительными изменениями уровенного режима указывается: высота сезонных, среднегодовых, межгодовых колебаний уровня и вызывающие их причины; сгонно-нагонные явления. Нагоны активизируют процессы береговой абразии.

5. Биоценотическая группа

а, б) *Биота и биоценозы наземных и аквальных комплексов береговой зоны* являются результатом взаимодействия всех абиотических компонентов. Следует отметить, что биота и биоценозы наземных комплексов береговой зоны, в отличие от аквальных, характеризуется крайней разреженностью. Растительность описывается с учетом таких характеристик, как видовое разнообразие, встречаемость, численность, биомасса, продуктивность, проективное покрытие [3], особенности распределения (в

зависимости от рельефа, типа грунтов, степени прибойности и экологических условий). При описании наземных и морских биоценозов отмечаются: тип местообитания (биотопы) и его ареал, состав и структура биоценозов.

Суточные и сезонные *сухопутно-морские миграции* животных характеризуют биогенные потоки вещества между сушей и морем. По возможности, проводится учет активных и пассивных перемещений биогенного вещества. Активные суточные и сезонные сухопутно-морские миграции совершают птицы и животные, чья жизнь непосредственно связана и с морем и с сушей. Пассивное перемещение живого вещества большей частью происходит при штормовых выбросах морских трав, водорослей, раковин моллюсков и тел погибших животных.

Геоморфологическая роль животных и растений в береговой зоне имеет большое значение, поскольку они участвуют в формировании биогенных форм рельефа, оказывают сопротивление деструктивным береговым процессам или сами выступают в роли деструкторов. Животные создают такие биогенные формы, как норы и ходы, выбросы грунта в виде горок, формы подтачивания и сверления и др. Растения образуют заросли, корки, маты и др. [6], которые ослабляют действие ЭП. Например, заросли тростника, растущие у уреза воды, принимают на себя наибольшую силу волнения, гася энергию волнового потока и таким образом защищают берег от разрушения. Береговые откосы и клифы, закрепленные растительностью, меньше поддаются размыву, по сравнению с откосами без растительности. В то же время, растения и животные (водоросли, моллюски, камнеточы и др.) могут активно разрушать горные породы, воздействуя на них механически: разъедая, сверля и расщепляя. Некоторые виды животных способны растворять горные породы (обычно известняк), выделяя органическую кислоту.

6. Антропогенная группа

а) *Изменение рельефа* береговой зоны находится в непосредственной связи с заселенностью и освоением прибрежных аква- и территорий. Добыча полезных ископаемых со дна и пляжа, сброс дренажных вод в море, гидротехническое строительство и т.д. изменяют естественный рельеф береговой зоны, формируя карьеры, котлованы, искусственные овраги и другие формы техногенного рельефа, которые усиливают разрушение морских берегов.

б) *Изменение физических и химических свойств вод* происходит, в основном, из-за сброса в прибрежную акваторию промышленных, сельскохозяйственных и бытовых стоков, загрязненных речных вод. В результате морские воды насыщаются тяжелыми металлами, нефтепродуктами и химическими соединениями. Изменения физико-химических свойств воды сказываются, главным образом, на изменении условий жизни морских организмов. При этом наблюдается угнетение или исчезновение одних видов растений и животных с последующей их заменой более устойчивыми к данным условиям видами. Перенасыщенность вод биогенами (эвтрофикация) приводит к явлениям «цветения» воды и заморам.

Тепловой режим прибрежной акватории может изменяться вследствие сброса отработанных вод с тепловых электростанций и промышленных предприятий. В таких условиях нарушается химизм вод: содержание растворенного кислорода, соленость и т.д. Повышение температуры воды постепенно ведет к сокращению холодолюбивых и увеличению теплолюбивых видов биоты.

в) *Изменение свойств осадочного материала* возникает под влиянием антропогенных загрязнителей, первоначально концентрирующихся в морской воде, а затем оседающих на дне или выносимых на берег. Загрязненные морские осадки служат средой обитания и источником питания морских организмов. Накопление вредных веществ в организмах животных вызывает аномалии их развития, а порой приводит к их гибели.

г) *Изменение характера литодинамических процессов* связано со строительством берегоукрепительных и гидротехнических сооружений, не учитывающих особенности движения вдольбереговых потоков наносов. В итоге, в береговой зоне возникает дефицит пляжного материала, сокращение ширины пляжей и разрушение берегов.

д) *Изменение биоценозов* является «ответом» растительности и животных на совокупную трансформацию условий обитания в береговой зоне. Непосредственное нарушение целостности структуры наземных и аквальных биоценозов, а порой их полное уничтожение вызывают донное траление, добыча песка и гальки, дноуглубительные работы.

Таким образом, среди перечисленных характеристик компонентов береговой зоны наибольшую сложность представляет получение оперативной информации, включающей в себя короткопериодные показатели процессов и явлений. Но именно она является основной составляющей экологического мониторинга. Ее получение возможно только на основе натурных наблюдений, которые должны иметь комплексный характер и проводиться по единой методике. Для формирования такого банка данных требуются совместные усилия специалистов различных профилей, поэтому создание подобной команды – задача сложная, но, в тоже время, научно необходимая.

Предложенная программа экологического мониторинга береговой зоны моря может рассматриваться как предварительная. Ее дальнейшая корректировка должна базироваться на результатах непосредственных исследований, поэтому в настоящее время перспективным является апробирование данной программы в береговой зоне Украины.

1. *Агаркова-Лях И. В., Скребец Г. Н.* Методические аспекты экологического мониторинга береговой зоны моря // Культура народов Причерноморья. – 2003. - № 43. – С. 14 - 18.
2. *Боков В. А., Луцик А. В.* Основы экологической безопасности. – Симферополь: Сонат, 1998. – 224 с.
3. *Калугина-Гутник А. А.* Макрофитобентос Черного моря: автореф. дисс. докт. биол. наук. - Севастополь, 1974.
4. *Мильков Ф. Н.* Парагенетические ландшафтные комплексы // Научн. зап. Воронежского отд. Географ. Общ-ва СССР. – Воронеж. - 1966.
5. *Мильков Ф. Н.* Физическая география: современное состояние, закономерности, проблемы. – Воронеж: Изд-во Воронежского ун-та, 1981. – 400 с.
6. *Преображенский Б. В., Жаринов В. В., Дубейковский Л. В.* Основы подводного ландшафтоведения (Управление морскими экосистемами). – Владивосток: Дальнаука, 2000. –
7. *Вэйский Ю. Д.* Проблемы исследования баланса наносов в береговой зоне морей. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 240 с.

Таврический Национальный Университет им. В. И. Вернадского
г. Симферополь

Получено 24.06.2005

I. V. A G A R K O V A - L Y A K H

ECOLOGICAL MONITORING PROGRAM FOR THE SEA COASTAL ZONE

Summary

A contrast of the coastal zone allows considering it as a bright example of the Paragenetical Landscape Complex. Paragenetical approach gives the possibility to estimate ecological state of coastal zone based on the studying matter flows between its aquatic and terrestrial parts. The ecological monitoring program contains vast information divided into tectonic, litological, hydrological, biotic, anthropogenic and other groups. In contrast to traditional approaches the proposed program envisages joint characteristics of conjugate land and sea zones and intercommunications between them.